

面向项目型制造企业的客户需求分析方法

李晓莹, 鲁建厦, 董巧英

(浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘 要:针对项目型制造企业面向客户需求进行产品设计时,传统的客户需求分析方法不能有效解决客户需求信息中贫信息不确定性、冗余交叉和主观性强等问题,提出一种基于灰色关联聚类和改进粗糙数理论的客户需求分析方法。首先根据客户行业特征划分客户群,利用熵权法计算其权重;其次运用灰色关联聚类定量表示需求项目间的关系,对客户群需求进行约简;然后改进了粗糙数理论,提出了面向项目型制造企业的客户需求重要度确定方法;应用结果表明该方法不仅具有简单易行、有效性高的特点,且能有效提高项目型制造企业设计人员的工作效率和客户满意度,提升企业差异化的竞争优势。

关 键 词:项目型制造企业;需求分析;灰色关联聚类;客户群;粗糙数

中图分类号:TP391 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2895(2015)04-0100-06

Customer Requirements Analysis Method for Project Manufacture Enterprise

LI Xiaoying, LU Jiansha, DONG Qiaoying

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: For project based manufacturing enterprise's, traditional demand analysis methods are unable to solve the problems of small and uncertain sample, crossing redundancy and strong subjectivity in designing customer oriented product. Hence a demand analysis method based on the theory of grey relation clustering and improved rough number was put forward. First, customer groups were divided according to their industry characteristics, and their weight was calculated using the theory of information entropy. In addition, customer demands were reduced by using the theory of grey relation clustering. Then, a customer demand analysis method suitable for project manufacture enterprise based on improved rough number was proposed. Application results show that this method not only has the characteristics of high validity and strong feasibility, but also can effectively improve work efficiency and customer satisfaction of manufacture enterprise designers, and enhance their competitive advantages.

Key words: project manufacture enterprise; requirements analysis; grey relation clustering; customer group; rough number

项目型制造企业是制造业内复杂而独特的一种模式,其设计及生产活动都是在接到客户订单后进行的,每个产品都需要根据客户个性化需求进行定制,其客户需求具有响应时间要求短、需求众多且需求间存在交叉与包含关系的特点。项目型制造企业的订单往往是通过竞标取得的,竞标取胜的关键是其设计人员要在短时间内分析客户个性化需求并给出高质量的产品解决方案,但是目前项目型制造企业对客户需求的处

理通常基于设计人员的个人经验主观选择,客户满意率较低。本文研究项目型制造企业客户需求分析方法的目的就是为了解决这一瓶颈,对其做出科学的量化分析,以提升项目型制造企业的客户满意度。

国内外学者对客户需求进行了大量研究,层次分析法是最典型的客户需求权重确定方法,以定量与定性结合的方法处理各种决策因素,但是其一致性不易获得^[1-3];采用模糊理论凭经验借助隶属函数确定客户

收稿日期:2015-03-19;修回日期:2015-04-16

基金项目:浙江省自然科学基金青年基金项目(LQ14E050004);浙江工业大学自然科学基金重点项目(2013XZ005)

作者简介:李晓莹(1990),女,安徽亳州人,硕士研究生,主要研究方向为制造业信息化。E-mail:649867902@qq.com

需求重要度的研究较多,但是隶属函数的确定具有一定的主观性和不确定性,适合企业真实情况的隶属函数往往难以获得^[4-5];粗糙数理论是 Zhai 等基于粗糙集理论提出的,通过计算客户需求项目的粗糙数确定其区间权重,对其进行排序,充分保证了需求信息的客观性,但是粗糙数不具有属性约简功能,计算量较大^[6-7]。

灰色关联聚类适用于小样本、贫信息不确定性问题中同类因素的归并,能显著减少客户需求调研规模并通过计算客户需求信息间的灰色关联度对其进行约简^[8-9]。本文针对项目型制造企业客户需求特点,在建立项目型制造企业客户群模型的基础上,采用灰色关联聚类约简了客户群需求,提高了客户群需求分析效率,改进了粗糙数理论,更为客观地确定客户群需求权重,有效解决需求信息中贫信息不确定性、冗余交叉和主观性强等问题。

1 项目型制造企业客户群熵权分析

项目型制造企业一个项目对应一个客户,每个客户所处的行业背景各有不同,对于同一个产品的需求标准就截然不同,客户具有典型的行业特点。本文按客户行业特征对项目型制造企业的客户进行划分,划分后的客户群包括 q 类,记为 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_q\}$,其中 C_q 表示第 q 类客户。由于每类客户对于企业商业价值不同,为了对项目型制造企业的客户需求做出客观有效的分析,首先需要确定客户群中每类客户在需求分析过程中的权重。熵权法能在综合考虑每个客户类评价指标所提供信息量的基础上计算出各评价指标的熵权,从而确定各类客户重要度^[10],运用熵权法计算客户群权重如下:

1) 确定评价对象为项目型制造企业客户群 C ,客户质量评价指标集中有 m 个评价指标,记为 $G = \{G_1, G_2, \dots, G_m\}$,其中 G_m 表示第 m 项客户评价指标。用 a_{ij} 表示第 i 个评价对象的第 j 个评价指标的决策值,定量指标直接计算得出准确数值,定性指标用 $\{1, 3, 5, 7, 9\}$ 5 个评价等级表示,客户群决策矩阵 $A = (a_{ij})_{q \times m}$ 。

2) 客户群决策矩阵标准化,构成标准化决策矩阵 A' ,标准化形式分别为:

对效益型目标值

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_{1 \leq i \leq q} \{a_{ij}\}}{\max_{1 \leq i \leq q} \{a_{ij}\} - \min_{1 \leq i \leq q} \{a_{ij}\}}; \quad (1)$$

对成本型目标值

$$a'_{ij} = \frac{\max_{1 \leq i \leq q} \{a_{ij}\} - a_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq q} \{a_{ij}\} - \min_{1 \leq i \leq q} \{a_{ij}\}} \circ \quad (2)$$

3) 确定各客户类评价指标的信息熵 E_j 及熵权 V_j 为

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^q p_{ij} \ln p_{ij} \circ \quad (3)$$

$$\text{式中: } p_{ij} = \frac{a'_{ij}}{\sum_{i=1}^q a'_{ij}}, \text{ 并定义若 } p_{ij} = 0, \text{ 则 } p_{ij} \ln p_{ij} =$$

0, 组成归一化矩阵 $P = (p_{ij})_{q \times m}$ 。

从而得到各客户类的熵权 V_j 为

$$V_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{i=1}^q (1 - E_j)} \circ \quad (4)$$

4) 确定各客户类权重 W_i , 得到客户群权重向量 $W = [W_1, W_2, \dots, W_q]^T$, 则

$$W_i = \sum_{j=1}^q p_{ij} V_j \circ \quad (5)$$

2 基于灰色关联聚类的项目型制造企业客户群需求约简

虽然项目型制造企业的客户群需求繁多,但是不同客户群间的客户需求存在着高度相关性和复杂的交互作用。在分析客户群需求权重前需要对客户群的需求集进行预处理。通过灰色关联聚类计算众多需求项目间的关系并将其定量表示,使得既能够用这些需求项目的综合平均指标或某一个需求项目来代表这几个需求项目,又使需求信息不受严重损失。

将项目型制造企业某产品的客户群需求合并表示为 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$, n 为客户群需求总数,运用灰色绝对关联矩阵方法对其进行灰色关联聚类,将分析得到的客户需求集表示为 $D' = \{D'_1, D'_2, \dots, D'_m\}$ 。基于灰色关联聚类的项目型制造企业客户群需求预处理步骤如下:

1) 把项目型制造企业客户群 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_q\}$ 确定为聚类对象,客户群里的需求集 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ 为聚类指标,即有 q 个观测对象,每个对象观测 n 个特征数据, X_i 表示第 i 项客户需求 D_i 的特征行为序列, $x_i(j)$ 表示第 j 类客户对第 i 项需求的评价值,得到原始需求序列为

$$\begin{aligned} X_1 &= (X_1(1), X_1(2), \dots, X_1(q)), \\ X_2 &= (X_2(1), X_2(2), \dots, X_2(q)), \\ &\dots\dots\dots \\ X_n &= (X_n(1), X_n(2), \dots, X_n(q)). \end{aligned}$$

2) 根据 $x_i^0(k) = x_i(k) - x_i(1)$ 计算需求集 D 中各原始需求序列的始点零化像。

3) 将客户需求间隐含的相互关系用灰色绝对关联度 ε_{ij} 表示, 得到客户需求灰色关联矩阵 E 。

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1 + |s_i| + |s_j|}{1 + |s_i| + |s_j| + |s_j - s_i|}, \quad (6)$$

$$\text{其中, } |s_j| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} x_i^0(k) + \frac{1}{2} x_i^0(n) \right|。$$

则,

$$E = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \cdots & \varepsilon_{1n} \\ & \varepsilon_{22} & \cdots & \varepsilon_{2n} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & \varepsilon_{nn} \end{bmatrix},$$

其中, $\varepsilon_{ii} = 1, i = 1, 2, \dots, n$ 。

4) 根据项目型制造企业实际情况选取聚类临界值 r , 一般情况下 $r \in [0, 1]$, 当 $\varepsilon_{ij} \geq r (i \neq j)$ 时, 则视需求项目 D_j 与 D_i 为同类需求特征。

5) 客户需求聚类结果的分析与讨论, 对经过灰色关联聚类得到的客户需求集 D' 进行分析, 通过反馈确定灰色聚类划分的合理性。

3 基于改进粗糙数理论的客户群需求排序方法

3.1 面向项目型制造企业客户需求的粗糙数定义

原有粗糙集理论打分项目多、数据收集难, 不适用客户需求数目众多的项目型制造企业; Zhai 等给出的粗糙数理论不具备粗糙集方法原有的属性约简功能, 决策表过于简单且未考虑客户群权重。为解决项目型制造企业客户需求排序问题, 本文改进了粗糙数相关定义并对其进行完善。

定义 1 令决策表 $S = (D', C', R)$, 其中决策对象 $D' = \{D'_1, D'_2, \dots, D'_m\}$ 为通过灰色聚类得到的客户需求集, $C' = \{C'_1, C'_2, \dots, C'_p\}$ 为选取的项目型制造企业客户群中对需求项目进行打分的典型客户, 属性值 R 表示客户对各需求项目的打分等级, $R_{ij} (R_{ij} \in r, 1 \leq i \leq p, 1 \leq j \leq m)$ 表示第 i 个客户对第 j 项需求项目的打分值, 决策表如表 1 所示。

表 1 客户需求决策表

Table 1 Decision table of customer requirements

客户需求	典型客户			
	C'_1	C'_2	...	C'_p
D'_1	R_{11}	R_{21}	...	R_{p1}
D'_2	R_{12}	R_{22}	...	R_{p2}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
D'_m	R_{1m}	R_{2m}	...	R_{pm}

定义 2 客户对需求项目的打分值 R 存在排序关系, 对于任意 R_{ij} , 其下近似集 $\underline{\text{Apr}}(R_{ij})$ 为典型客户对需求项 D'_j 的打分值中不大于 R_{ij} 的客户集合, 上近似集 $\overline{\text{Apr}}(R_{ij})$ 为典型客户对需求项 D'_j 的打分值中不小于 R_{ij} 的客户集合, N_L 和 N_U 分别表示 R_{ij} 的上下近似集中所包含元素的个数。客户对每个需求项目的综合评价可以用粗糙数表示, 定义为

$$R_N(R_{ij}) = [\underline{\text{Lim}}(R_{ij}), \overline{\text{Lim}}(R_{ij})]。 \quad (7)$$

其中, $\underline{\text{Lim}}(R_{ij})$ 和 $\overline{\text{Lim}}(R_{ij})$ 分别为打分等级类 R_{ij} 的下极限和上极限, 可分别表示为:

$$\underline{\text{Lim}}(R_{ij}) = \frac{1}{N_L} \sum R(\underline{X}) \mid \underline{X} \in \underline{\text{Apr}}(R_{ij}), \quad (8)$$

$$\overline{\text{Lim}}(R_{ij}) = \frac{1}{N_U} \sum R(\bar{X}) \mid \bar{X} \in \overline{\text{Apr}}(R_{ij})。 \quad (9)$$

其中, $\bar{X}, \underline{X}$ 分别表示打分等级类 R_{ij} 的上、下近似集中的客户。

粗糙数下极限 $\underline{\text{Lim}}(R_{ij})$ 和上极限 $\overline{\text{Lim}}(R_{ij})$ 之间的区间被定义为粗糙边界区间 $R_{\text{Bnd}}(R_{ij})$, 表示为

$$R_{\text{Bnd}}(R_{ij}) = \overline{\text{Lim}}(R_{ij}) - \underline{\text{Lim}}(R_{ij}) \quad (10)$$

粗糙边界区间 $R_{\text{Bnd}}(R_{ij})$ 用来描述客户对需求项目评价类 R_{ij} 的模糊性, 粗糙边界的范围越大, 说明该评价类越不精确, 否则越精确。

定义 3 在考虑客户群权重 W_i 的基础上, 每个需求项目的粗糙数下极限、上极限、粗糙边界区间、粗糙数和粗糙数均值分别定义为

$$\underline{\text{Lim}}(D'_j) = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p W_i \underline{\text{Lim}}(R_{ij}), \quad (11)$$

$$\overline{\text{Lim}}(D'_j) = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p W_i \overline{\text{Lim}}(R_{ij}), \quad (12)$$

$$D'_{\text{Bnd}}(D'_j) = \overline{\text{Lim}}(D'_j) - \underline{\text{Lim}}(D'_j), \quad (13)$$

$$R_N(D'_j) = [\underline{\text{Lim}}(D'_j), \overline{\text{Lim}}(D'_j)], \quad (14)$$

$$R_{\text{NM}}(D'_j) = \frac{\underline{\text{Lim}}(D'_j) + \overline{\text{Lim}}(D'_j)}{2}。 \quad (15)$$

式中: p 为选取的典型客户的个数, 每个需求项目的粗糙数上极限是将所有评价客户的打分等级 R_{ij} 上极限与其权重乘积相加求平均。

定义 4 对于不同的需求项目 D'_c 和 D'_f , 其需求重要度的排序规则如下:

规则 1 若 $R_{\text{NM}}(D'_c) < R_{\text{NM}}(D'_f)$, 则 $R_N(D'_c) < R_N(D'_f)$ 。

规则 2 若 $R_{\text{NM}}(D'_c) = R_{\text{NM}}(D'_f)$ 且 $D'_{\text{Bnd}}(D'_c) > D'_{\text{Bnd}}(D'_f)$, 则 $R_N(D'_c) < R_N(D'_f)$ 。

规则 3 若 $R_{\text{NM}}(D'_c) = R_{\text{NM}}(D'_f)$ 且 $D'_{\text{Bnd}}(D'_c)$

$= D'_{\text{Bnd}}(D'_f)$, 则 $R_N(D'_e) = R_N(D'_f)$ 。

3.2 基于改进粗糙数理论的客户需求权重确定方法

1) 从客户群中选取不同群类的典型客户对待设计产品需求集进行评价, 构成客户需求决策表。采用 5 级评价等级 $R_{ij} \in \{1, 3, 5, 7, 9\}$, 分值越高说明客户对该需求越重视, 5 个分值分别对应客户对需求程度为非常低、低、中等、高和非常高。

2) 以客户需求决策表为研究对象, 确定每个客户对需求项目评价等级的粗糙数 $R_{N_{ij}}$ 以及粗糙区间 $R_{\text{Bnd}}(R_{ij})$ 。

3) 计算需求项目的粗糙数下限、上限、粗糙边界区间和粗糙数, 求得各项需求项目的粗糙数均值 $R_{\text{NM}}(D'_j)$, 根据需求重要度排序原则对其排序。

4) 计算各需求项目的权重 ω_j , 将排序结果数值化, 客户需求权重分配向量为 $\omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m]^T$, 需求权重计算公式如下:

$$\omega_j = \frac{R_{\text{NM}}(D'_j)}{\sum_{j=1}^p R_{\text{NM}}(D'_j)}。$$

(16)

4 实例分析

某物流装备制造企业的输送分拣系统的客户需求众多, 而且必须将用户需求与相关工程措施相结合考虑来进行产品设计, 明确物流装备客户群及其需求权

$$A' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.500 & 0.500 \\ 0.131 & 0.117 & 0.156 & 0.250 & 1 & 0 & 0 \\ 0.622 & 0.499 & 0.647 & 1 & 0.500 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0.500 \\ 0.522 & 0.371 & 0.566 & 0.750 & 0 & 1 & 1 \\ 0.422 & 0.295 & 0.322 & 0.500 & 0.500 & 0.500 & 0 \end{bmatrix}。$$

根据公式(3)和公式(4)求得客户群中各客户群的评价信息熵和熵权分别为:

$$E = [0.816 \quad 0.599 \quad 0.814 \quad 0.844 \quad 0.742$$

$$0.918 \quad 0.699],$$

$$V = [0.117 \quad 0.256 \quad 0.118 \quad 0.099 \quad 0.165$$

$$0.052 \quad 0.193]。$$

最终得到客户群权重 $W = [0.310 \quad 0.084$

$$0.289 \quad 0.307 \quad 0.180 \quad 0.109]^T。$$

2) 将客户群的需求汇总得到 15 个客户需求项目, 分别为 $D = \{D_1(\text{满足多样输送物类型}), D_2(\text{输送分拣效率}), D_3(\text{系统连续无故障工作时长}), D_4(\text{噪音指标}), D_5(\text{整机使用寿命}), D_6(\text{设备高度可调}), D_7(\text{远程故障诊断功能}), D_8(\text{满足工作环境要求}), D_9(\text{员工培训}), D_{10}(\text{系统紧急停机及报警功能}), D_{11}(\text{与$

重关系到产品设计目标特征的质量。本文以物流装备中的输送分拣系统为例, 按照文中提出的项目型制造企业客户需求分析方法对其进行需求评价。

1) 根据市场调查以及企业内部近 3 年数据库信息分析得到其客户群可划分为 6 类, $C = \{C_1(\text{医药}), C_2(\text{烟草}), C_3(\text{快递}), C_4(\text{电商}), C_5(\text{零售}), C_6(\text{服装})\}$, 确定客户群中各客户类权重的评价体系如表 2 所示。

表 2 客户群综合评价体系表

Table 2 Comprehensive evaluation table
of customer group

客户群	项目金额/万元	项目设备种类/台	项目盈利/万元	客户生命周期/a	客户资信状况	客户忠诚度	业务潜在量
C ₁	540	515	162	1.0	5	7	7
C ₂	870	760	270	1.5	9	5	5
C ₃	2 100	1 560	610	3.0	7	9	9
C ₄	3 050	2 610	854	3.0	9	9	7
C ₅	1 850	1 292	554	2.5	5	9	9
C ₆	1 600	1 132	385	2.0	7	7	5

根据公式(1)和公式(2)得到标准化客户群决策矩阵 A' 如下:

配套设备配合性能), $D_{12}(\text{质保期内外售后服务}), D_{13}(\text{输送分拣差错率}), D_{14}(\text{系统扩充改造功能}), D_{15}(\text{具备安全装置})\}$, 从客户集中选取不同种类的典型客户对其进行打分, 得到原始需求序列如下:

$$X_1 = (9, 7, 9, 9, 9, 9), X_2 = (9, 7, 9, 9, 9, 7),$$

$$X_3 = (7, 9, 9, 9, 7, 9), X_4 = (9, 3, 5, 7, 5, 5),$$

$$X_5 = (9, 7, 9, 9, 9, 9), X_6 = (9, 9, 9, 9, 7, 7),$$

$$X_7 = (1, 5, 9, 7, 9, 7), X_8 = (9, 9, 9, 9, 9, 9),$$

$$X_9 = (3, 9, 9, 9, 9, 7), X_{10} = (5, 7, 7, 9, 7, 9),$$

$$X_{11} = (9, 9, 9, 9, 9, 9), X_{12} = (3, 9, 9, 9, 9, 7),$$

$$X_{13} = (5, 3, 7, 9, 7, 5), X_{14} = (3, 7, 7, 7, 9, 3),$$

$$X_{15} = (5, 7, 9, 7, 7, 7)。$$

根据公式(6)求得客户各需求项间的灰色绝对关联度, 组成上三角灰色关联矩阵为

$$E = \begin{bmatrix} 1 & 0.857 & 0.667 & 0.568 & 0.727 & 0.857 & 0.542 & 0.600 & 0.547 & 0.600 & 0.600 & 0.547 & 0.692 & 0.568 & 0.609 \\ & 1 & 0.733 & 0.595 & 0.818 & 1 & 0.559 & 0.571 & 0.566 & 0.640 & 0.571 & 0.566 & 0.769 & 0.595 & 0.682 \\ & & 1 & 0.703 & 0.867 & 0.733 & 0.627 & 0.533 & 0.642 & 0.800 & 0.533 & 0.642 & 0.933 & 0.703 & 0.826 \\ & & & 1 & 0.649 & 0.595 & 0.814 & 0.514 & 0.849 & 0.838 & 0.514 & 0.849 & 0.676 & 1 & 0.811 \\ & & & & 1 & 0.818 & 0.593 & 0.545 & 0.604 & 0.720 & 0.545 & 0.566 & 0.923 & 0.649 & 0.739 \\ & & & & & 1 & 0.559 & 0.667 & 0.566 & 0.640 & 0.667 & 0.566 & 0.923 & 0.649 & 0.739 \\ & & & & & & 1 & 0.508 & 0.949 & 0.712 & 0.508 & 0.949 & 0.610 & 0.814 & 0.695 \\ & & & & & & & 1 & 0.491 & 0.520 & 1 & 0.491 & 0.538 & 0.514 & 0.522 \\ & & & & & & & & 1 & 0.736 & 0.509 & 1 & 0.623 & 0.849 & 0.717 \\ & & & & & & & & & 1 & 0.520 & 0.736 & 0.760 & 0.838 & 0.960 \\ & & & & & & & & & & 1 & 0.509 & 0.538 & 0.514 & 0.522 \\ & & & & & & & & & & & 1 & 0.623 & 0.849 & 0.717 \\ & & & & & & & & & & & & 1 & 0.676 & 0.783 \\ & & & & & & & & & & & & & 1 & 0.811 \\ & & & & & & & & & & & & & & 1 \end{bmatrix}。$$

征求企业设计人员意见取 $r = 0.85$, 在灰色绝对关联矩阵中挑取符合条件 $\varepsilon_{ij} \geq r$ 的值分别为: $\varepsilon_{12}, \varepsilon_{16}, \varepsilon_{26}, \varepsilon_{35}, \varepsilon_{313}, \varepsilon_{414}, \varepsilon_{513}, \varepsilon_{79}, \varepsilon_{712}, \varepsilon_{811}, \varepsilon_{912}, \varepsilon_{1015}$ 。得到灰色聚类结果为: $D'_1 = \{D_1, D_2, D_6\}, D'_2 = \{D_3, D_5, D_{13}\}, D'_3 = \{D_4, D_{14}\}, D'_4 = \{D_7, D_9, D_{12}\}, D'_5 = \{D_8, D_{11}\}, D'_6 = \{D_{10}, D_{15}\}$ 。

与企业相关人员讨论聚类的合理性,这 6 类聚类指标主要分别反映输送分拣系统的技术性能、可靠性能、绿色性能、服务性能、协同功能性能以及安全性能,从宏观层面上反映了不同客户群对物流分拣系统的需求项目,聚类结果符合实际情况。通过灰色关联聚类将多项客户需求简化为 6 类聚类指标,不仅解决了客户信息的冗余交叉问题,而且能大幅度减少后续客户需求分析的工作量。

3) 邀请 6 位不同种类的典型客户对聚类结果进行需求测评,得到粗糙数评价客户需求调查结果如表 3 所示。

表 3 客户需求调查表

客户需求 聚类结果	典型客户					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
D'_1	7	9	9	9	7	9
D'_2	9	9	9	9	7	9
D'_3	5	3	9	7	5	7
D'_4	5	5	7	9	5	7
D'_5	7	7	7	9	5	7
D'_6	1	3	9	9	5	7

根据公式(7)~(16)求得各需求项目的粗糙数、粗糙边界、粗糙数均值以及权重排序结果如表 4 所示,最终求得客户需求权重分配向量为 $\omega = [0.191, 0.196, 0.145, 0.151, 0.171, 0.146]^T$ 。

表 4 客户群需求项目排序结果

Table 4 Ranking results of customer requirements					
客户需求 聚类结果	粗糙数	粗糙边界	粗糙数 均值	排序结果	权重
D'_1	[1.34, 1.48]	0.14	1.410	2	0.191
D'_2	[1.41, 1.49]	0.09	1.445	1	0.196
D'_3	[0.86, 1.28]	0.42	1.070	6	0.145
D'_4	[0.95, 1.28]	0.33	1.115	4	0.151
D'_5	[1.07, 1.46]	0.39	1.265	3	0.171
D'_6	[0.76, 1.39]	0.63	1.075	5	0.146

通过表 4 客户群需求项目排序结果可知,客户群对需求项目 D'_1, D'_2 认知程度高度一致,都对其高度重视,则此 2 项客户需求应作为项目型制造企业产品开发过程中的主要考虑因素并将其作为产品持续改进的方向;客户群对需求项目 D'_4, D'_5 认知程度较为一致,对其较为重视,在产品开发过程中应对其加以重视;客户群对客户需求项目 D'_6 认知程度存在较大分歧,在产品开发过程中应针对不同客户群区别对待;客户群普遍认为客户需求项目 D'_3 重要度较低,在产品开发过程中不应将其作为产品的卖点。

5 结语

文中提出在划分项目型制造企业客户群并利用熵权方法确定其权重的基础上,集成灰色关联聚类和改进粗糙数理论来处理客户群需求约简和权重量化问

题。相比传统方法,通过灰色关联聚类挖掘出客户需求间隐藏的关联性并对其进行合并,大大简化了客户需求信息;无需项目型制造企业相关人员对客户需求的判断或隶属函数的主观选择,得到的客户群及客户需求权重基于客观数据的计算,从而保证了结果的客观性;通过改进粗糙数理论得到的粗边界大小可以反映出不同客户群对客户需求的认知一致性,更能客观地表达客户需求。通过在典型项目型制造企业的输送分拣系统中客户需求的分析应用,验证了该方法的简单易行和有效性,能在一定程度上提高项目型制造企业设计人员的工作效率和客户满意度,提升企业差异化的竞争优势。

参考文献:

- [1] HO W. Integrated analytic hierarchy process and its applications-a literature review [J]. European Journal of Operational Research, 2008,186(1):211-228.
- [2] LI Yanlai,TANG Jiafu,LUO Xinggang, et al. An integrated method of rough set, Kano, smodel and AHP for rating customer requirements,

final importance[J]. Expert System with Applications,2009,6(4):7045-7053.

- [3] 王晓敏,熊伟.质量功能展开中顾客需求重要度确定的粗糙层次分析法[J].计算机集成制造系统,2010,16(4):763-771.
- [4] 舒婷,刘泉,艾青松,等.基于梯形模糊数和二元语义需求权重确定方法[J].武汉理工大学学报,2011,33(12):111-114.
- [5] 张建强,黄德才.基于Vague熵权的模糊TOPSIS多属性决策方法[J].浙江工业大学学报,2012,40(5):524-527.
- [6] ZHAI Lianyin,KHOO Lipheng, ZHONG Zhaowei. A rough set based QFD approach to the management of imprecise design information in product development[J]. Advanced Engineering Informatics,2009,23(2):222-228.
- [7] 赵文燕,张焕高,何桢,等.粗数——一种客户需求分析方法[J].计算机集成制造系统,2011,17(11):2493-2501.
- [8] 刘思峰,党耀国,方志耕,等.灰色系统理论及其应用[M].5版.北京:科学出版社,2014.
- [9] 方辉,谭建荣,殷国富,等.基于灰理论的质量屋用户需求分析方法研究[J].计算机集成制造系统,2009,15(3):576-591.
- [10] 杨小安,刘慧芬,曹红奎,等.粗糙集和信息熵处理在产品用户需求重要度确定中的应用[J].机械设计与研究,2012,28(2):6-10.

(上接第99页)

1) 针对双刀立式数控车床整机进行动态特性分析,通过整机模态分析,发现在主电动机的驱动下,机床整体不会发生共振,但是横梁部件对机床的整体刚度有较大影响。

2) 通过对机床进行受力分析,对横梁进行静态分析和模态分析,发现横梁在机床加工中能满足最大工况的加工要求,在切削时能满足零件的加工精度要求。但是通过对横梁的静态和模态分析可知,模型的应力和刚度分配不均匀,会影响机床的加工精度。可以对横梁进行结构优化,使其材料分布更加均匀合理,提高机床的整体性能。

参考文献:

- [1] 聊城万丰管件.未来法兰盘制造行业在庞大的需求下,必将呈现更好的发展前景[EB/OL]. (2012-09-12)[2014-10-28]. <http://www.lcwffl.com/html/533.html>.
- [2] 李清国,肖曙红,汤雄,等.基于ANSYS的拱架式贴片机整机动力

学建模与模态分析[J].机电工程技术,2012,41(7):72-75.

- [3] 林贤响,卢波,翁泽宇,等.基于相关分析的平面磨床动力学建模方法[J].轻工机械,2012,30(5):21-24.
- [4] 林有希,高诚辉,高济众.大型机床动态特性的整机有限元分析[J].福州大学学报:自然科学版,2003,31(1):69-72.
- [5] 侯力轩,珠海燕,张廷波,等.CK5116数控立式车床整机模态分析[J].机械设计与制造,2012(7):230-232.
- [6] 应男,孙毅,毛亚郎.颤振球磨机整机模态分析研究[J].矿山机械,2012,40(2):58-61.
- [7] 王一江,张晓艳,庞学慧.基于ANSYS的龙门铣床龙门结构模态分析[J].机械,2010,37(4):48-50.
- [8] 张森,杨玉萍,李彬彬,等.龙门加工中心横梁结构设计与分析[J].机械设计与制造,2013(10):32-34.
- [9] MEN Qingyi,CHENG Guangwei. Modal analysis of ball mill rotator based on FEM technical[J]. Advanced Materials Research,2011(5):1451-1456.
- [10] 王庆福,赵宏林,李殿新,等.机床整机模型简化及特性复现方法研究[J].机电工程技术,2010,39(12):28-31.